PADRÕES DE ALIMENTAÇÃO: FUNDAMENTOS E PROGRAMAS PARA CÁLCULO DE RAÇÃO

Sebastião de Campos V. Filho
Prof. Titular Universidade Federal de Viçosa

INTRODUÇÃO

Geralmente quando se discute alimentação de ruminantes deve-se conhecer as exigências nutricionais, a composição dos alimentos disponíveis e a formulação de rações. Considerando que esses tópicos são extremamente longos, discutir-se-á nessa revisão, resumidamente, as exigências nutricionais e alguns princípios de formulação de rações para gado de corte.

No que se refere às exigências nutricionais, serão discutidos os princípios básicos utilizados pelo NRC (1996) para cálculo das exigências nutricionais de energia, proteína, aminoácidos, cálcio, fósforo e outros elementos inorgânicos.

Com relação à formulação de rações, serão discutidos os cálculos simples envolvendo o uso do Quadrado de Pearson e soluções algébricas com duas equações. Ao final pretende-se apresentar o programa Super Crac Corte 1.0, para formular rações para gado de corte.

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE PROTEINA E ENERGIA PARA MANTENÇA E GANHO DE PESO

Os requerimentos de energia para mantença são definidos como a quantidade de energia ingerida que resultará em nenhuma perda ou ganho de energia a partir dos tecidos do corpo do animal. Processos ou funções relacionadas com os requerimentos de energia para mantença incluem a regulação da temperatura corporal, a energia requerida pelo metabolismo basal (incluindo as atividades necessárias à sobrevivência, tais como, respiração, circulação, etc) e a energia necessária para manter as atividades físicas (por ex.: levantar, deitar, andar, etc).

O NRC (1996) considera que os requerimentos de energia líquida de mantença são equivalentes a 77 Kcal/$SBW^{0,75}$, sendo SBW = peso vivo do animal em jejum.

Segundo o NRC (1996), cruzamentos de zebuínos requerem 10% menos de energia líquida para mantença. GARRETT (1980), comparando 341 novilhas e 708 novilhos, concluíram que as exigências de Elm foram similares. O NRC (1996) considera que animais não castrados têm exigências de mantença 15% maiores que as de animais castrados.

As exigências de energia líquida para ganho de peso são obtidas pela equação: RE = 0,0635 . $EBW^{0,75}$. $EBG^{1,097}$, sendo EBW = peso de corpo vazio e EBG = ganho de peso de corpo vazio; sendo o EBW calculado como o peso vivo x 0,891 e EBG = ganho de peso vivo x 0,956. Essa equação foi usada pelo NRC (1984), para um novilho castrado de tamanho médio e é utilizada pelo NRC (1996) como equação de referência para determinação das exigências de energia líquida para ganho de peso para vários estágios de crescimento e taxas de ganho para todos os tipos de bovinos. Essa equação é corrigida pela fórmula: EQSBW = SBW . (SRW/FSBW), sendo que EQSBW é o peso equivalente de um novilho de tamanho médio castrado descrito pela equação do NRC (1984); SBW é o peso inicial em jejum avaliado (14-16 horas); SRW é o peso padrão de referência de 435, 462 e 478 kg para teor de gordura final no corpo de 25,2; 26,8 e 27,8%, que corresponde ao marmoreio definido como traço, leve e pequeno, respectivamente e FSBW é o peso final em jejum.

Também o NRC (1996) sugere uma correção para as exigências de energia líquida para ganho de peso para machos não castrados e fêmeas, sendo que machos não castrados requerem menos 18% de energia e fêmeas mais 18% de energia.

Tomando como exemplo o cálculo das exigências de energia líquida para ganho de 1 kg de peso vivo de um novilho castrado, com peso inicial em jejum (SBW) de 300 kg, peso final em jejum (FSBW) de 533 kg e peso padrão de referência para 28% de gordura (SRW) de 478 kg, as exigências de energia líquida seriam:

EQSBW = 300 x 478/533 = 269 kg
EQEBW = 0,891 EQSBW
EQEBW = 0,891 x 269 = 239,7 kg
EBG = 0,956 SWG
EBG = 0,956 x SWG = 0,956 x 1 = 0,956

RE = 0,0635 x $239,7^{0,75}$ x $0,956^{1,097}$ = 3,68 Mcal/dia.

Então as exigências de energia líquida para ganho de 1 kg de peso vivo seriam equivalentes a 3,68 Mcal/dia. As exigências de EL para ganho de 1 kg de peso vivo para machos não castrados seriam de 3,12 Mcal/dia e as de fêmeas seriam de 4,34 Mcal/dia, 18% menores e maiores, respectivamente. Já as exigências de energia líquida de mantença seriam equivalentes a 5,55 Mcal/dia ($0,077 . 300^{0,75}$).Se não tiver dados do peso vivo em jejum (SBW), pode-se considerar que esse é 0,96 x peso vivo.

Para converter as exigências de energia líquida de mantença (Elm) e de ganho de peso (Elg) em exigências de energia metabolizável (EM), há necessidade do conhecimento das eficiências de utilização da EM para mantença (Km) e para ganho de peso (Kf). Essas eficiências podem ser obtidas usando as equações descritas por GARRETT (1980) e utilizadas pelo NRC (1996): $ELg = 1,42\ EM - 0,174\ EM^2 + 0,0122\ EM^3 - 1,65$ e $Elm = 1,37\ EM - 0,138\ EM^2 + 0,0105\ EM^3 - 1,12$, onde Elg e Elm são as concentrações de energia líquida de mantença e de ganho, respectivamente, expressas em Mcal/kg MS e EM é a concentração de energia metabolizável também expressa em Mcal/kg MS.

Então, se nesse exemplo acima, os bovinos estiverem sendo alimentados com rações contendo 2,5 Mcal/kg MS de EM, pode-se calcular que as concentrações de Elg e Elm seriam iguais a 1,0 Mcal/kg MS e 1,61 Mcal/kg MS , respectivamente.

$Elg = 1,42 \times 2,5 - 0,174 \times 2,5^2 + 0,0122 \times 2,5^3 - 1,65 = 1,00$
$Elm = 1,37 \times 2,5 - 0,138 \times 2,5^2 + 0,0105 \times 2,5^3 - 1,12 = 1,61$

Conseqüentemente Kf =1/2,5 = 0,4 ou 40% e Km =1,61/2,5 = 0,644 ou 64,4%; então as eficiências de utilização da EM para

mantença e ganho seriam, respectivamente, 40 e 64,4%. Dividindo-se as exigências de energia líquida pelas respectivas eficiências, obtém-se as exigências de EM.

No exemplo, considerando as exigências de EL para mantença de 5,55 Mcal, estas seriam equivalentes a 8,62 Mcal de EM (5,55/0,644) e da mesma forma , tomando o valor de 3,68 Mcal de energia líquida para ganho e dividindo-o por 0,40, obtém o valor de 9,2 Mcal de EM. Então as exigências totais de EM seriam de 17,82 Mcal/dia (8,62 + 9,2).

Considerando que existe maior disponibilidade de valor energético dos alimentos expresso na forma de NDT, pode-se converter as exigências de EM em exigências de NDT. Isto seria feito considerando que EM = 0,82 ED, ou seja, 17,82/0,82 = 21,73 Mcal por dia de ED. Também considerando que l kg de NDT equivale a 4,409 Mcal de ED, então as exigências de NDT seriam equivalentes a 4,93 kg/dia (21,73/4,409). Dessa forma, as exigências de energia líquida calculadas podem ser convertidas em exigências de NDT. Vale ressaltar que para cada concentração de energia metabolizável na ração, haverá um valor de Km e Kf, o que torna praticamente impossível formular uma tabela de exigências nutricionais seriada expressa em NDT. Considerando, ainda, que o consumo de matéria seca fosse de 2,5% do peso vivo, ou seja, 7,5 kg/dia , o teor de NDT na ração total deveria ser de 65,7% (4,93x100/7,5).

Na Tabela 9-1 do NRC (1996), descrita como Tabela 1 nesse texto, os valores obtidos podem ser confirmados. No entanto, se trabalhar com animais zebuínos, deve-se observar que o peso padrão de referência e os teores de gordura na carcaça podem ser diferentes daqueles citado nos EUA. É possível que esse peso esteja próximo de 450 kg , conseqüentemente , poderiam ser feitas algumas estimativas para animais zebuínos. Contudo, existem algumas pesquisas em andamento no DZO-UFV que deverão gerar mais dados para que se possa, no futuro, elaborar uma tabela para animais zebuínos.

Com relação às exigências de proteína para mantença e ganho de peso, o NRC (1996) considera que a exigência de proteína metabolizável para mantença é de 3,8 g/kg^{0,75}, ou seja, para animais de 300 kg de peso vivo em jejum, estas seriam equivalentes à 274 g (3,8 x 300^{0,75}). Considerando o mesmo exemplo utilizado para o cálculo das

exigências de energia, ou seja, quais seriam as exigências de proteina para ganho de l kg de peso vivo.

Tabela 1 - Exigências nutricionais de bovinos em crescimento e terminação

Peso vivo kg		200	250	300	350	400	450
		Exigências de mantença					
ELm	Mcal/d	4.1	4.84	5.55	6.23	6.89	7.52
PMet	g/d	202	239	274	307	340	371
Ca	g/d	6	8	9	11	12	14
P	g/d	5	6	7	8	10	11
Ganho de peso		Exigências de El para ganho(Mcal/dia)					
0.5 kg/d		1.27	1.50	1.72	1.93	2.14	2.33
1.0 kg/d		2.72	3.21	3.68	4.13	4.57	4.99
1.5 kg/d		4.24	5.01	5.74	6.45	7.13	7.79
2.0 kg/d		5.81	6.87	7.88	8.84	9.77	10.68
2.5 kg/d		7.42	8.78	10.06	11.29	12.48	13.64
Ganho de peso		Exigências de PMet para ganho(g/dia)					
0.5 kg/d		154	155	158	157	145	133
1.0 kg/d		299	300	303	298	272	246
1.5 kg/d		441	440	442	432	391	352
2.0 kg/d		580	577	577	561	505	451
2.5 kg/d		718	712	710	687	616	547
Ganho de peso		Exigências de cálcio para ganho(g/dia)					
0.5 kg/d		14	13	12	11	10	9
1.0 kg/d		27	25	23	21	19	17
1.5 kg/d		39	36	33	30	27	25
2.0 kg/d		52	47	43	39	35	32
2.5 kg/d		64	59	53	48	43	38
Ganho de peso		Exigências de fósforo para ganho(g/dia)					
0.5 kg/d		6	5	5	4	4	4
1.0 kg/d		11	10	9	8	8	7
1.5 kg/d		16	15	13	12	11	10
2.0 kg/d		21	19	18	16	14	13
2.5 kg/d		26	24	22	19	17	15

Small marbling 533 kg
Variação de peso 200-450 kg
Variação de ganho de peso 0.50 - 2.50 kg
Código do cruzamento 1 Angus

As exigências líquidas de proteína para ganho de peso são calculadas pela equação (NRC, 1984) também adotada para NRC (1996): Proteína retida = SWG (268 – (29,4 . RE/SWG)), onde SWG é o ganho de peso vivo em jejum e RE é a energia líquida retida. Então, se a exigência de RE foi de 3,68 Mcal/dia e o ganho foi de 1 kg de peso vivo por dia, a proteína retida diária seria = 1 (268 – (29,4 x 3,68/1)) = 159,8 g, ou seja, as exigências líquidas de proteína para ganho de peso seriam de 159,8 g/dia.

Para converter as exigências líquidas de proteína em exigências de proteína metabolizável, para ganho de peso, o NRC (1996) adota a equação: Eficiência = 83,4 – (0,114 x EQSBW) para EQSBW $\leq$ 300 kg e adota o valor fixo de eficiência de 49,2% para EQSBW > 300 kg; sendo EQSBW, o peso vivo em jejum equivalente ao novilho descrito pelo NRC (1984); que no exemplo anterior avaliando as exigências de energia foi de 269 kg. Substituindo na equação, a eficiência de utilização da proteína metabolizável para ganho de peso seria = 83,4 – (0,114 x 269) = 52,7%. Então as exigências de proteína metabolizável para um novilho de 300 kg, ganhando 1 kg de peso vivo em jejum diariamente seriam de 303 g/dia (159,8/0,527). Esses valores obtidos para exigências de proteína metabolizável podem ser visualizados na Tabela 1 adaptada do NRC (1996).

As exigências totais de proteína metabolizável para mantença e ganho de peso de 577g/dia (274 + 303) poderão ser convertidas em exigências de proteína degradada no rúmen (PDR) e proteína não degradada no rúmen (PNDR) , cuja soma resultaria nas exigências de proteína bruta. Para que esses valores possam ser obtidos, o NRC (1996) considera uma síntese de proteína microbiana (PMic) fixa e equivalente a 130 g PMic/ kg de NDT, considera ainda que a PMic possui 80% de aminoácidos (Aas) e que a digestibilidade verdadeira dos Aas no intestino delgado é de 80%. Além disso, considera que a PNDR possui uma digestibilidade verdadeira no intestino delgado fixa de 80%.

Assim, para atender as exigências de 577 g/dia de protéina metabolizável (PMet) são necessárias 640,9 g de PDR, ou seja, 130 g PMic x 4,93 kg de NDT. Considerando que 80% são AAs (640,9 x 0,80) e que a digestibilidade verdadeira dos AAs é de 80% (640,9 x 0,80 x 0,80), então a síntese microbiana fornece diariamente, 410,2 g

de PMet. Se as exigências são de 577 g de PMet, obtém-se uma diferença de 166,8 g/dia (577 – 410,2) de PMet que deverão ser atendidas pela PNDR. Assim, as exigências de PNDR digestível no ID de 166,8 poderão ser convertidas em PNDR dietética , dividindo-se por 0,8 que é o valor da digestibilidade verdadeira intestinal da PNDR, obtendo-se o valor de 208,5 g/dia (166,8/0,8) que seria a quantidade necessária de PNDR consumida diariamente.

Então as exigências de PDR seriam de 640,9 g/dia e as de PNDR de 208,5 g/dia. A soma desses valores (640,9 + 208,5) seria considerada como as exigências diárias de PB. Assim, para atender as exigências de 577 g de PMet são necessárias 849,4 g/dia de PB dietética com 75,45% de PDR (640,9 x 100/849,4) e 24,55% de PNDR (208,5 x 100/849,4).

Uma maneira aproximada de converter as exigências de PMet em exigências de PB seria dividir as exigências de PMet / 0,67. No exemplo 577/0,67 = 861,2 g PB/dia. O fator 67,2% é obtido considerando que 80% da proteína que chega ao ID é PMic e 20% PNDR, conseqüentemente, 80% x 0,64 + 20% x 0,80 = 67,2%, sendo 0,64 (80% de AAs com 80% de digestibilidade) e 0,80, a digestibilidade verdadeira da PNDR no ID.

Para calcular os percentuais de PB, PDR e PNDR nas rações, há necessidade do conhecimento do consumo de matéria seca (MS). Sendo o consumo de MS estimado em 2,5% do peso vivo, ou seja, 7,5 kg para esse bovino de 300 kg e as exigências de PB de 849,4 g/dia, os percentuais na ração seriam de 11,3% de PB (849,4x100 / 7500) , sendo 8,53% PDR e 2,77% de PNDR.

Finalizando esse tópico sobre exigências de energia e proteína para animais em mantença e ganho de peso, vale ressaltar que os cálculos podem ser feitos para quaisquer pesos e taxas de ganho de peso sendo, no entanto, necessário conhecer os pesos vivos em jejum inicial e final e o peso de referência (peso sugerido , quando o animal atinge 28% de gordura na carcaça).

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE PROTEINA E ENERGIA PARA GESTAÇÃO E LACTAÇÃO

As exigências de energia líquida para gestação foram convertidas em exigências de energia líquida de mantença, utilizando-se a seguinte

equação: Elm = Km / 0,13 x PN x (0,05855 – 0,0000996 t) e $^{(0,03233 - 0,0000275\ t)\ t}$, onde PN é o peso do bezerro ao nascer, "t" é o dia de gestação e Elm é a exigência de energia líquida de gestação expressa como exigência de energia de mantença. No exemplo, se considerar o PN de 38,5 kg , Km=0,576 e t = 220 dias, substituindo os valores na equação será obtida a exigência de 2026,69 Kcal/dia, ou seja, as exigências de energia líquida para gestação são equivalentes a 2,027 Mcal/dia de energia líquida de mantença. Esse valor pode ser visualizado no NRC (1996), Tabela 4-2 da página 43.

As exigências líquidas de proteína para gestação podem ser obtidas utilizando a equação:Proteína retida = [PN (0,001669 – 0,00000211 t) . $e^{(0,0278 - 0,0000176\ t)\ t}$] x 6,25, sendo PN o peso ao nascer e "t" o dia da gestação. Considerando o mesmo exemplo usado para o cálculo da energia : PN = 38,5 kg e t = 220 dias, a Proteína retida = 6,25 x [38,5 (0,001669 – 0,00000211 x 220) . e $^{(0,0278 - 0,0000176 \times 220)\ .\ 220]}$ = 56,03 g/dia, ou seja, as exigências líquidas de proteína seriam equivalentes a 56,0 g/dia. Esse valor pode ser visualizado na Tabela 4-3, página 43, NRC (1996). Para converter as exigências líquidas de proteína para gestação em exigências de PMet, deve-se dividir as exigências líquidas pela eficiência de utilização da PMet para gestação. O NRC (1996) adotou o valor de 65% para essa eficiência. Então, as exigências de PMet para gestação seriam de 86,2 g/dia (56/0,65).

Para converter essas exigências em termos de PDR , PNDR ou de NDT, pode-se usar o mesmo raciocínio descrito para animais em crescimento.

As exigências para vacas de corte em lactação são relativamente complexas porque é necessário o conhecimento da produção de leite. O NRC (1996) apresenta uma simplificação dessas exigências, considerando quatro diferentes produções de leite para vacas de corte, incluindo produções ao pico de lactação de 5, 8, 11 e 14 kg/dia.

A produção diária de leite é calculada por Yn = n/a . e^{Kn}), sendo k = 1/T e

a = 1/(PKYD .k. e), sendo "n" a semana de lactação, "k" e "a" são parâmetros da equação, "T" é a semana do pico de lactação, "PKYD" é a produção de leite (kg/dia) no pico de lactação. Para gado de corte , o NRC (1996) considera que o pico de lactação ocorre as 8,5 semanas. Então, pode-se calcular a produção diária de leite, conhecendo-se o

valor da produção de leite ao pico de lactação, por exemplo, se esse valor for de 5 kg/dia , a produção diária de leite dessa vaca na 3ª semana de lactação seria:

k= 1/T então k= 1/8,5 = 0,1176

a = 1/(PKYD . k.e) ∴ a = 1/ (5,0 . 0,1176 . 2,71828) = 0,6256

Y_3 (Produção de leite na semana 3) = n/a . e^{Kn}) = 3/ (0,6256 . $e^{0,1176 \times 3}$)

Y_3 = 3,36 kg/dia

Conhecendo-se a produção diária de leite, pode-se calcular as exigências de energia e proteína para lactação. Para a exigência de energia pode-se considerar que um leite com 4,0% de gordura, 3,4% de proteína e 8,3% de sólidos não gordurosos possui 0,72 Mcal de energia/kg. Assim, se multiplicar 3,36 x 0,72, obtém-se o valor de 2,42 Mcal/dia, esse valor é a exigência de energia líquida para lactação. Considerando que a eficiência de utilização da energia é semelhante para mantença e lactação, as exigências de energia de lactação são também expressas como EL de mantença, ou seja, as exigências líquidas diárias seriam equivalentes a 2,42 Mcal de Elm. Na Tabela 4-4, página 45, do NRC (1996) esses dados podem ser confirmados. Outra maneira de determinar o teor de energia do leite, pode ser utilizando-se a equação: Energia (Mcal/kg) = 0,092 x G + 0,049 SNG – 0,0569 sendo "G", o percentual de gordura do leite e "SNG" o percentual de sólidos não gordurosos do leite.

Para calcular as exigências líquidas de proteína para vacas lactantes, o NRC (1996) adotou o valor fixo de 3,4% para o teor de proteína bruta do leite. Então, se a produção de leite estimada foi de 3,36 kg, as exigências líquidas de proteína seria de 3,36 x 0,034 = 0,114 kg ou 114 g/dia. Já as exigências de proteína metabolizável seriam de 114/0,65 = 175,4 g/dia. O valor de 0,65 é a eficiência de utilização da proteína metabolizável para lactação.

Pode-se observar que conhecendo-se a produção de leite ao pico de lactação, pode-se estimar as produções diárias de leite para qualquer semana da lactação e, conseqüentemente, calcular as exigências líquidas de proteína e energia para lactação. Além disso, para converter as exigências de PMet e energia líquida para exigências de PDR,

PNDR e NDT, pode-se usar o mesmo raciocínio adotado anteriormente para fazer essas conversões para os animais em crescimento.

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AMINOÁCIDOS

O método fatorial é utilizado pelo CNCPS para estimar os requerimentos de AAs. O'CONNOR et al. (1993) descreveram os procedimentos utilizados pelo CNCPS para estimar os requerimentos de AAs disponíveis para a absorção. Resumidamente, o CNCPS calcula as exigências líquidas de proteína para mantença (incluindo proteína metabólica fecal, proteína endógena urinária e proteína de descamação), multiplica pela composição em AAs dos tecidos, respectivamente: tecido muscular, tecido muscular e proteína da queratina e divide pela eficiência de utilização de cada AA para mantença.

Também as exigências líquidas de proteína para crescimento e lactação são multiplicadas pela composição em AAs do tecido muscular e leite, respectivamente, e divididas pela eficiência de utilização de cada AA para crescimento e produção de leite, encontrando-se assim as exigências de AAs absorvidos no intestino delgado para crescimento e lactação.

Nas Tabelas 2 e 3 são mostradas, respectivamente, a composição em AAs do tecido muscular, leite e proteína da queratina e as eficiências de utilização de cada um dos AAs essenciais para mantença, gestação e lactação (dados descritos por O'CONNOR et al., 1993).

Portanto, conhecendo-se as exigências líquidas de proteína, a composição em AAs dos tecidos e do leite e a eficiência de utilização de cada AA essencial, pode-se calcular as exigências diárias de AAs essencias absorvidos no intestino delgado.

SCHWAB (1996) concluiu que as percentagens de lisina e metionina na digesta duodenal para máxima produção e teor de proteína no leite seriam de 15 e 5%, respectivamente, em relação ao total de AAs essenciais, quando se utilizam dietas convencionais. Além disso, esse autor também concluiu que o balanceamento de rações utilizando AAs absorvidos no intestino delgado pode reduzir a quantidade de PNDR nas rações, permitindo mais espaço nas mesmas

para atender outros nutrientes, tais como carboidratos fermentáveis no rúmen.

Tabela 2 - Teores de aminoácidos (AAs) do tecido muscular, leite e proteína da queratina (g/100g de proteína)

AAs	Tecido muscular[1]	Leite[2]	Queratina
Metionina	2,0	2,71	1,0
Lisina	6,4	7,62	3,2
Histidina	2,5	2,74	1,0
Fenilalanina	3,5	4,75	3,7
Triptofano	0,6	1,51	1,4
Treonina	3,9	3,72	7,2
Leucina	6,7	9,18	10,0
Isoleucina	2,8	5,79	5,0
Valina	4,0	5,89	6,0
Arginina	6,6	3,40	3,8

1, 2 e 3; respectivamente, Ainslie et al. (1993), Waghorn e Baldwin (1984) e Block e Bolling (1951), citados por O'CONNOR et al. (1993).

Tabela 3 - Eficiência de utilização de aminoácidos (AAs) absorvidos para as funções fisiológicas (g/g)

AAs	Mantença	Gestação	Lactação
Metionina	0,85	0,85	0,98
Lisina	0,85	0,85	0,88
Histidina	0,85	0,85	0,90
Fenilalanina	0,85	0,85	1,00
Triptofano	0,85	0,85	0,85
Treonina	0,85	0,85	0,83
Leucina	0,66	0,66	0,72
Isoleucina	0,66	0,66	0,62
Valina	0,66	0,66	0,72
Arginina	0,85	0,66	0,42

Adaptado de O'CONNOR et al. (1993). A eficiência para crescimento é dada pela fórmula de Ainslie et al. (1993): eficiência = 0,83 - 0,00114 peso de corpo equivalente

Considerando o método fatorial utilizado pelo CNCPS, as exigências de AAs essenciais absorvidos no intestino delgado podem ser calculadas através dos dados descritos por O'CONNOR et al. (1993). Para atender essas exigências resta saber qual é a quantidade de AAs absorvidos fornecida pelas fontes protéicas não degradadas no rúmen e pela proteína microbiana. A proporção de proteína verdadeira na proteína microbiana é considerada 60% e a digestibilidade dessa no intestino delgado é assumida como 100%, (SNIFFEN et al., 1992). Além disso, a quantidade de proteína microbiana sintetizada é dada em função da disponibilidade de carboidratos no rúmen, assumindo-se valor médio de 0,4g de MS microbiana/g de carboidrato degradado no rúmen e que as bactérias possuem, em média, 10% de compostos nitrogenados, (RUSSELL et al., 1992). Então, a quantidade de AAs microbianos absorvidos no intestino delgado (ID) pode ser obtida pela multiplicação da quantidade de proteína verdadeira microbiana digestível que chega ao ID pelos seus respectivos teores de AAs.

A quantidade de AAs da PNDR disponível para a absorção é calculada pelo CNCPS, considerando as frações B_1, B_2 e B_3 da proteína. Inicialmente a proteína dos alimentos é fracionada em A, B_1, B_2, B_3 e C, conforme metodologia descrita por LICITRA et al. (1996). A fração A não contribui com AAs e a fração C é considerada não degradada no rúmen e indisponível para o animal. Segundo SNIFFEN et al. (1992), o escape percentual das frações B_1, B_2 e B_3 é dado pela fórmula: escape = Kp/Kp + Kd, onde Kp é a taxa de passagem do alimento e Kd, a taxa de digestão da respectiva fração. Conhecendo-se as quantidades de cada fração protéica que chegam ao ID, multiplica-se pelos valores de 100, 100 e 80%, respectivamente, para as frações B_1, B_2 e B_3, obtendo-se dessa forma a quantidade de PNDR absorvida no ID para cada alimento, (SNIFFEN et al., 1992). A quantidade de cada AA essencial absorvida no ID pode ser calculada, multiplicando-se a PNDR absorvida no ID pelos seus respectivos teores de AAs essenciais. O sistema considera que a composição em AAs essenciais da PNDR é similar à da proteína dietética.

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE MINERAIS

As exigências de cálcio são calculadas segundo o NRC (1996):Mantença (g/dia) = 0,0154 x Peso vivo / 0,5; Ganho de peso

(g/dia) = 0,071 x RPN/0,5, sendo RPN = proteína retida em g/dia; Lactação (g/dia) = 1,23x Produção de leite/0,5 e Gestação (g/dia) = CBW x (13,7/90)/0,5, sendo CBW = peso do bezerro ao nascer.

Considerando o exemplo anterior, para novilho castrado de 300 kg e ganhando 1 kg de peso vivo diariamente, as exigências de cálcio seriam de 9,24 g/dia para mantença (0,0154 x 300/0,5) e 22,7 g/dia (0,071 x 159,8/0,5) para ganho de peso, sendo as exigências totais diárias de cálcio de 31,94 g/dia. Vale ressaltar que as exigências líquidas de proteína para ganho de 1 kg foram de 159,8 g e que o coeficiente de absorção verdadeiro do cálcio foi considerado 50%.

Se considerar vacas de corte produzindo 5 kg/dia de leite, as exigências diárias de cálcio seriam equivalentes a 12,3 g (1,23 x 5/0,5). Assim como se avaliar vacas de corte em gestação, com peso do bezerro de 30 kg, as exigências de cálcio para gestação seriam de 9,13 g/dia (30 x 13,7/90)/0,5).

As exigências de fósforo descritas pelo NRC (1996) podem ser calculadas usando as seguintes equações: Mantença (g/dia) = 0,016 x peso vivo/0,68; Ganho de peso = RPN . 0,045/0,68; Lactação (g/dia) = produção de leite x 0,95/0,68 e gestação (g/dia) = CBW x (7,6/90)/0,68, sendo 0,68 o coeficiente de absorção verdadeiro do fósforo.

Calculando-se as exigências de fósforo para um novilho castrado de 300 kg, com ganho diário de 1 kg, obtém-se 7,06 g/dia para mantença (0,016 x 300/0,68) e 10,6 g/dia para ganho de peso ((0,045 x 159,8)/0,68), sendo as exigências totais de 17,66 g/dia. Para vacas produzindo 5kg de leite, as exigências diárias de fósforo podem ser calculadas como 0,95 x 5/0,68 e são iguais a 7,0 g/dia, enquanto para vacas gestantes, com peso do bezerro esperado para 30 kg, as exigências de fósforo seriam de 3,73 g/dia ((30 x 7,6/90)/0,68).

As exigências de cálcio e fósforo calculadas em g/dia podem ser convertidas em % da matéria seca (MS) consumida. Considerando um consumo de MS equivalente a 2,5% do peso vivo, para animais de 300 kg, o consumo diário seria de 7,5 kg MS. As exigências totais (mantença + ganho) de cálcio foram de 31,94g , enquanto as de fósforo foram equivalentes a 17,66 g/dia. Assim, o percentual de cálcio na MS consumida seria de 0,426% (31,94x100/7500) e o de fósforo seria de

0,235% (17,66x 100/7500). Vale ressaltar que 7500 é o consumo de MS expresso em g/dia.

Na Tabela 4 são mostradas as exigências dos outros minerais para crescimento, gestação e lactação.

Tabela 4 - Exigências diárias de macro e microelementos minerais[1]

Minerais	Unidades	Crescimento/ Terminação	Gestação	Lactação
Mg	%	0,10	0,12	0,20
K	%	0,60	0,60	0,70
Na	%	0,06-0,08	0,06-0,08	0,10
S	%	0,15	0,15	0,15
Co	ppm	0,10	0,10	0,10
Cu	ppm	10,00	10,00	10,00
I	ppm	0,50	0,50	0,50
Fe	ppm	50,00	50,00	50,00
Mn	ppm	20,00	40,00	40,00
Se	ppm	0,10	0,10	0,10
Zn	ppm	30,00	30,00	30,00

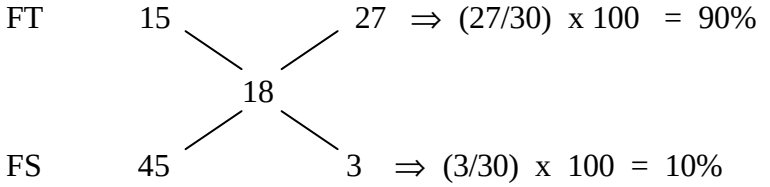
[1] – Adaptada do NRC (1996)

FORMULAÇÃO DE RAÇÕES

Para calcular rações, deve-se conhecer as exigências nutricionais dos animais, os alimentos disponíveis e sua composição em nutrientes. Considerando as dificuldades de calcular rações completas, incluindo volumoso e concentrado, inicialmente será discutida a formulação de rações concentradas.

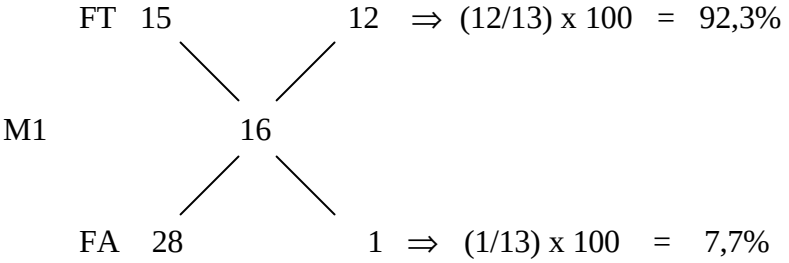
O Quadrado de Pearson, é um procedimento simples que permite misturar 2 alimentos (ou 2 misturas de alimentos) para obter uma concentração desejada de um nutriente. Para resolver o problema utilizando o Quadrado de Pearson, a solução desejada é colocada ao centro e dois alimentos são colocados em cada extremidade, sendo que esses obrigatoriamente devem ter uma concentração maior e menor que a desejada, respectivamente. A resposta inicialmente é expressa em partes mas pode ser facilmente convertida em percentagem.

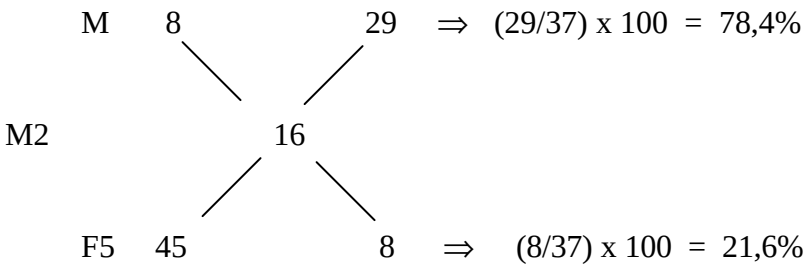
Tomando como exemplo o cálculo de uma ração contendo 18% de proteína bruta (PB), utilizando como ingredientes o farelo de trigo (FT) com 15% de PB e o farelo de soja (FS) com 45% de PB.



Subtraindo-se os percentuais de PB dos alimentos do valor esperado (18%), pode-se calcular que 27 partes de FT (45 – 18) e 3 partes de FS (15 – 18) são necessárias para obter a mistura com 18% de PB. Vale ressaltar que os valores serão sempre positivos, ou seja, (15 – 18) ou (18 – 15) será sempre 3. Desejando-se expressar em percentagem, pode-se calcular que a ração será constituída de 90% de FT (27x100/30) e 10% de FS (3x100/30). Posteriormente, pode-se confirmar se os cálculos foram feitos adequadamente, multiplicando os percentuais de cada ingrediente (FT e FS) pelos seus respectivos teores de PB: 90 x 0,15 + 10 x 0,45 = 18%. Consequentemente, os cálculos foram corretos pois o % de PB desejado foi igual ao calculado.

Também pode-se utilizar o Quadrado de Pearson para calcular 2 nutrientes, tais como PB e NDT. Nesse caso, se chama de Quadrado de Pearson duplo. Como exemplo, calcular uma ração com 16% de PB e 70% de NDT, utilizando FT (15% PB, 60% NDT), FS (45% PB e 75% NDT), milho (8% PB, 80% NDT) e farelo de algodâo (FA) com (28% PB e 70% NDT). Para isso, devem-se elaborar 2 misturas com 16% de PB, sendo que uma deverá conter mais de 70% e outra menos de 70% de NDT. Assim, pode-se utilizar FT e FA na primeira mistura e FS e milho (M) na segunda mistura.

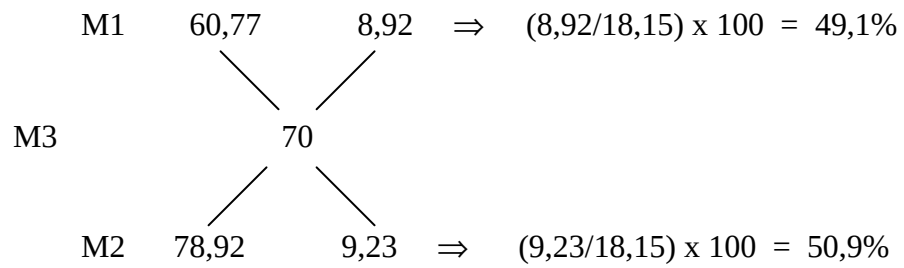




Assim a mistura M1 será constituída de 92,3% de FT e 7,7% de FS, terá 16% de PB e 60,77% de NDT (92,3 x 0,6 + 7,7 x 0,7), sendo 0,6 e 0,7 os teores de NDT dos respectivos alimentos.

A mistura M2 será constituída de 78,4% de M e 21,6% de FS, terá 16% de PB e 78,92% de NDT (78,4 x 0,8 + 21,6 x 0,75), observando-se que os valores de 0,8 e 0,75 são os teores de NDT do milho e farelo de soja, respectivamente.

O cálculo da mistura final (M3) seria:



Então a mistura M3 será constituída de 49,1% de M1 e 50,9% de M2. Os percentuais de cada ingrediente na mistura final podem ser calculados da seguinte maneira:

FT = 49,1 x 0,923 = 45,3%
FA = 49,1 x 0,077 = 3,8%
M = 50,9 x 0,784 = 39,9%
FS = 50,9 x 0,216 = 11,0%

Alguns pesquisadores preferem calcular rações usando soluções algébricas a partir de equações com duas incógnitas. Usando o

exemplo descrito anteriormente, ou seja, formular uma ração concentrada com 18% de PB, utilizando FT e FS.

FT + FS = 100
0,15 FT + 0,45 FS = 18

Multiplicando a 1ª equação por 0,45 e subtraindo a 2ª equação é uma das formas de resolução desse sistema:

0,45 FT + 0,45 FS = 45
0,15 FT + 0,45 FS = 18

0,3 FT + 0 = 27 FT = 27/0,3 = 90%

FT + FS = 100
90 + FS = 100 FS = 10%

O sistema de equações é bastante simples e permite deixar espaço na mistura para colocar outros nutrientes, tais como minerais, sendo geralmente preferido quando se necessita formular misturas para atender dois nutrientes.

CÁLCULO DE RAÇÕES PARA BOVINOS EM CONFINAMENTO

Utilizando bovinos castrados com 300 kg de peso vivo e ganho diário de 1 kg, as exigências diárias foram calculadas em 4,93 kg, 849,4 g, 31,94 g e 17,66 g de NDT, PB, cálcio (Ca) e fósforo (P), respectivamente.

Para formular uma ração, deve-se inicialmente, determinar quais os alimentos serão utilizados e sua composição química. Serão utilizados a silagem de milho, milho desintegrado com palha e sabugo (MDPS), farelo de soja, calcáreo e fosfato bicálcico. Em seguida, torna-se necessário conhecer a composição em nutrientes desses alimentos.

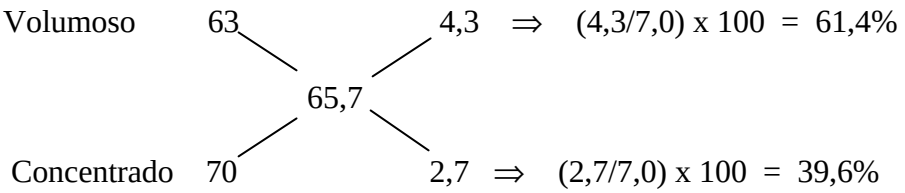
Tabela 5 - Composição dos alimentos

		PB	NDT	Ca	P
Ingredientes	MS (%)	(% na MS)			
Silagem de milho	30,7	6,7	63,0	0,33	0,17
MDPS	87,7	8,2	66,6	0,08	0,21
Farelo de soja	88,6	47,9	81,0	0,33	0,57
Calcáreo	100			37,2	
Fosfato bicálcico	98,6			23,9	18,4

Fonte: CAPPELLE (1999).

Para determinar o percentual de volumoso na ração pode-se basear na % de NDT da ração total.Um valor razoável para estimar consumo de MS de gado de corte seria usar 2,5% do peso vivo. Assim bovinos de 300 kg, deverão consumir em torno de 7,5 kg MS/dia. O NRC (1996) recomenda usar equação baseada na concentração de energia líquida de mantença, mas cita uma equação baseada no peso vivo que seria: 1,8545 + 0,01937 x PV. Se utilizar essa equação, o consumo esperado para bovinos de 300 kg seria de 7,66 kg/MS, valor muito próximo ao de 2,5% do peso vivo.

Assim será considerado para esse cálculo um consumo estimado de 7,5 kg MS/dia. Então o % de NDT na ração total seria de 65,7% (4,93 x 100/7,5) e a proporção de volumoso na ração poderia ser obtida considerando que o teor de NDT da mistura concentrada (MDPS e farelo de soja) seria próximo de 70%



Assim o percentual de volumoso seria de 61,4 e a quantidade consumida diariamente seria de 7,5 x 0,614 = 4,6 kg de MS.

Tabela 6 - Resumo dos valores calculados na ração total

	PB (g)	NDT (kg)	Ca (g)	P (g)
Exigências	849,4	4,93	31,94	17,66
4,6 kg MS de silagem	308,2	2,90	15,18	7,82
Déficit (1)	541,2	2,03	16,76	9,84
2,114 kg MS de MDPS	173,3	1,41	1,69	4,44
0,768 kg MS de FS	367,9	0,62	2,53	4,38
Déficit (2)	0	0	-12,54	-1,02
5,54 g FB			1,32	1,02
Déficit (3)	0	0	-11,22	0
30,16 g de calcáreo			11,22	
Déficit (4)	0	0	0	0

As quantidades fornecidas por 4,6 kg MS de silagem de milho foram 308,2 g de PB (4600,0g x 0,067) 2,90 kg de NDT (4,6kg x 0,63); l5,18 g de Ca (4,6 x 3,3 g/kg) e 7,82 g de P (4,6 x 1,7 g P/kg). Subtraindo das exigências as quantidades fornecidas pelo volumoso, obtém-se o déficit (1) cujas quantidades deverão ser supridas pela mistura de concentrados. Assim as quantidades de MDPS e FS poderiam ser obtidas, usando o sistema de equações:

0,082 MDPS + 0,479 FS = 0,5412 kg
0,666 MDPS + 0,81 FS = 2,0300 kg

Vale ressaltar que as equações 1 e 2 suprem as necessidades de PB e NDT, respectivamente. Resolvendo o sistema, pode-se calcular que as quantidades diárias de MDPS e FS suficientes para atender as exigências de PB e NDT foram de 2,114 e 0,768 kg, respectivamente.

Calculando as quantidades de PB, NDT, Ca e P fornecidas por MDPS e FS e subtraindo-as do déficit (1), obtém-se o déficit (2). Nota-se que o déficit (2) deve-se referir apenas às fontes de cálcio e fósforo. Para suprir o teor de P será utilizado o fosfato bicálcico (FB) na quantidade diária de 5,54 g que, além de suprir o P, fornece 1,32 g/dia de Ca.

100 g fosfato bicálcico - 18,4 g P
X - 1,02 g P

X = 5,54 g/dia de FB

100 g FB - 23,9 g Ca
5,54 g FB - Y

Y = 1,32 g de Ca

Para suprir o déficit final de 11,22 g Ca, serão utilizadas 30,16 g/dia de calcáreo

100 g calcáreo - 37,2 g Ca
Z - 11,22 g Ca

Z = 30,16 g/dia de calcáreo

Assim, ao final dos cálculos não deverá haver nenhum déficit. Além disso, foram feitos os balanceamentos somente para 4 nutrientes (PB, NDT, Ca e P). Contudo, desejando-se balancear outros nutrientes, os cálculos seguirão o mesmo raciocínio.

As quantidades diárias de 2,114 kg de MDPS, 0,768 kg de FS, 5,54 g de FB e 30,16 g de calcáreo devem ser expressas em percentagem. A quantidade total diária seria de 2,9177 kg de MS, com 72,45% de MDPS, 26,32% de FS, 0,19% de FB e 1,03% de calcáreo.

Considerando que os cálculos das quantidades dos concentrados foram expressos na base da MS, para efetuar as misturas, esses deverão ser convertidos na base da matéria natural (MN).

Tabela 7 - Composição da ração concentrada expressa nas bases da MS e MN

Alimentos	% na MS	% MS	Partes de MN	% na MN
MDPS	72,45	87,7	82,61	72,96
FS	26,32	89,6	29,38	25,95
FB	0,19	100	0,19	0,17
Calcáreo	1,03	98,6	1,04	0,92

Para converter a composição da ração concentrada expressa na base da MS para a base de matéria natural (MN), deve-se dividir o % de cada alimento pelo seu respectivo teor de MS (exemplo: MDPS, 72,45/0,877 = 82,61) para obter as partes de cada alimento na base da MN e, posteriormente, expressar essas partes em termos percentuais (tomando exemplo do MDPS, 82,61 x 100/113,22 = 72,96%). Assim, a mistura de concentrado deverá conter na base da MN: 72,96; 25,95; 0,17 e 0,92% de MDPS, FS, FB e Calcáreo, respectivamente.

Para saber quantos kg de concentrado deverão ser fornecidos diariamente aos animais para suprir a quantidade total de 2,9177 kg de MS, deve-se calcular o % de MS da mistura concentrada que será = 88,31% (72,96 x 0,877 + 25,95 x 0,896 + 0,17 x 1,0 + 0,92 x 0,986). Então deverão ser fornecidos diariamente aos animais 3,30 kg de concentrado (2,9177/0,8831).

O consumo total de MS observado foi de 7,5177 kg (4,6 + 2,9177) ou 2,51% do peso vivo, valor muito próximo ao preestabelecido. O concentrado calculado terá na base da MS:

% PB = 72,45 x 0,082 + 26,32 x 0,479 = 18,55%

% NDT = 72,45 x 0,666 + 26,32 x 0,81 = 69,57%

% Ca = 72,45 x 0,0008 + 26,32 x 0,0033 + 0,19 x 0,239 + 1,03 x 0,372 = 0,57%

% P = 72,45 x 0,0021 + 26,32 x 0,0057 + 0,19 x 0,184 = 0,34%

Então, a mistura de concentrados terá 18,55; 69,57; 0,57 e 0,34%, respectivamente, de PB, NDT, Ca e P na base da MS. Se for necessário calcular os percentuais dos nutrientes na base da MN, basta multiplicar os teores em base de MS pelo teor de MS do concentrado. Exemplificando os cálculos para PB, o teor de PB na MN da mistura de concentrados será de 16,38% (18,55 x 0,8831) e os respectivos teores de NDT, Ca e P na MN serão de 61,44; 0,50 e 0,30%.

Finalizando, deve-se lembrar que é importante entender os cálculos manuais para que a utilização de programas de computação seja feita adequadamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPELLE, E. R. *Tabelas de composição dos alimentos, estimativa do valor energético e predição do consumo e do ganho de peso de bovinos*, Viçosa, MG. UFV, 1999. 322p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 1999.

GARRET, W. N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. *J. Anim. Sci*. Champaign. v.51, n.6. p.1434-1440, 1980.

LICITRA, G., HERNANDEZ, T. M.; Van SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. *Anim. Feed. Sci Techn.* v.57, n.4. p.347-358, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. *Nutritional Requirements of beef cattle* – 7ed. Washington. D.C., 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrients requirements of beef cattle. 6 ed. Washington DC: 1984, 90p.

O'CONNOR, J. D.; SNIFFEN, C. J.; FOX, D. G.; CHALUPA, W. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting aminoacid adequacy. *J. Anim. Sci.* v.71, p.1298-1311, 1993.

RUSSELL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I - Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*; v./.70, n.11, p.3551-3561, 1992.

SCHWAB, C. G. Amino acid nutrition of the dairy cow: current status. In: *Proceedings Cornell Nutrition Conference for Feed Manufactures*, Cornell University, Ithaca, N.Y. 1996. p.184-198.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. S. et al. A net carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* Champaign. v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.